

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b> <b>G05B 17/02</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/24010</b> <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 4. Juni 1998 (04.06.98)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/DE97/02318 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 9. Oktober 1997 (09.10.97)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 196 49 167.3      27. November 1996 (27.11.96)    DE  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> HOFMANN, Reimar [DE/DE]; Hiltenspergerstrasse 79, D-80796 München (DE). TRESP, Volker [DE/DE]; Kaulbachstrasse 40, D-80539 München (DE).		<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
<b>(54) Title:</b> METHOD FOR NEURAL MODELLING THE FORMS OF DEPENDENCY OF A TECHNICAL SYSTEM UPON PARAMETERS  <b>(54) Bezeichnung:</b> VERFAHREN ZUR NEURONALEN MODELLIERUNG DER ABHÄNGIGKEITEN VON EINFLUSSGRÖSSEN EINES TECHNISCHEN SYSTEMS  <b>(57) Abstract</b> <p>The present invention pertains to a method enabling the parameters of a technical system to be modelled on a less complex way, whereby the modelling of probability densities for all parameters is based on neural models in such a way that each parameter is modelled relative to all the others so far as they are relevant. The training data from neural models are determined by means of a real technical system. The advantage of the invention is that it allows for a plurality of unknowns to be reliably forecast. In technical systems where the determination of the quantities to be measured requires a lot of time and money, the inventive method enables said quantities to be determined without using sensors.</p> <b>(57) Zusammenfassung</b> <p>Mit der Erfindung wird ein Verfahren angegeben, womit die Komplexität bei der Modellierung von Einflußgrößen eines technischen Systems reduziert werden kann, indem die Wahrscheinlichkeitsdichten aller Einflußgrößen durch neuronale Modelle in der Form modelliert werden, daß die jeweilige Einflußgröße in Abhängigkeit aller anderen Einflußgrößen, soweit sie relevant sind, modelliert wird. Die Daten für das Training der neuronalen Modelle werden beispielsweise anhand eines realen technischen Systems bestimmt. Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß auch mehrere Unbekannte auf diese Weise zuverlässig vorhergesagt werden können, bzw. daß in technischen Systemen, bei denen Meßgrößen nur sehr aufwendig oder zeitintensiv bestimmt werden können, auf Meßfühler für diese Meßgrößen verzichtet werden kann und anstattdessen das erfindungsgemäße Verfahren zur Anwendung kommen kann.</p>		

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshon	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

## Beschreibung

Verfahren zur neuronalen Modellierung der Abhängigkeiten von Einflußgrößen eines technischen Systems

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Modellierung von Einflußgrößen eines technischen Systems, wobei beim Betrieb des technischen Systems fallweise verschiedene Größen bekannt und verschiedene Größen unbekannt sind.

10

Häufig besteht bei technischen Prozessen, wie beispielsweise chemischen Reaktionsprozessen oder Fertigungsprozessen das Problem, daß einzelne Einflußgrößen dieser Prozesse sehr schwierig, technisch sehr aufwendig, oder nur mit hohem Zeitaufwand zu bestimmen sind. Bei einzelnen Anwendungen kann es auch vorkommen, daß die bekannten und die unbekannten Größen von Fall zu Fall variieren. Es besteht deshalb der Wunsch, für jeden Fall einzelne Einflußgrößen welche unbekannt sind, anhand der bekannten Einflußgrößen des technischen Systems bestimmen, vorhersagen oder ermitteln zu können. Hierzu ist es erforderlich, die einzelnen Größen und deren Abhängigkeiten voneinander auf geeignete Weise zu modellieren. Das allgemeinste Modell stellt in diesem Fall für diskrete Größen die gemeinsame Wahrscheinlichkeit der Einflußgrößen und für kontinuierliche Größen die gemeinsame Wahrscheinlichkeitsdichte oder Mischformen von beiden, wenn sowohl diskrete als auch kontinuierliche Größen vorhanden sind, dar. Eine direkte Modellierung der gemeinsamen Wahrscheinlichkeitsdichte ist insbesondere für den Fall der kontinuierlichen Variablen sehr schwierig und kaum durchführbar. Aus diesem Grund wird versucht die gemeinsame Wahrscheinlichkeitsdichte anhand bedingter Wahrscheinlichkeitsdichten für die einzelnen Variablen, welche die Einflußgrößen des technischen Prozesses darstellen, zu modellieren. Hierbei werden die gegenseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Einflußgrößen als bedingte Wahrscheinlichkeiten auf den jeweiligen Variablen modelliert. Wenn sich bestimmte Einflußgrößen nicht direkt beeinflussen,

35

d.h. wenn bestimmte Unabhängigkeiten existieren, dann läßt sich das ausnutzen, um die Komplexität des Problems zu vereinfachen. Ein Beispiel für die Reduktion der Komplexität solcher Modellierungsprobleme, stellt die Modellierung der gemeinsamen Wahrscheinlichkeitsdichte mit Hilfe von Bayesianischen Netzen dar. Bei den Bayesianischen Netzen handelt es sich um spezielle Dichteschätzer, bei denen bedingte Unabhängigkeiten und Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Variablen durch eine gerichteten Graphen repräsentiert werden [2]. Die gemeinsame Wahrscheinlichkeitsdichte wird dabei als Produkt bedingter Dichten faktorisiert. Falls bedingte Unabhängigkeiten zwischen den einzelnen Variablen bestehen, so lassen sich die einzelnen Faktoren vereinfachen und die gemeinsame Wahrscheinlichkeit wird also durch eine Menge von bedingten Wahrscheinlichkeitsmodellen beschrieben. Das Vorhersagemodell für eine Variable, d. h. die bedingte Wahrscheinlichkeit einer Variable, gegeben alle anderen Variablen, läßt sich aus diesen Faktoren berechnen. Im allgemeinen gilt:

$$P(X_i | X_1 \dots X_{i-1} X_{i+1} \dots X_n) \propto P(X_i | X_1, \dots, X_{i-1}) \prod_{j=i+1}^n P(X_j | X_1, \dots, X_{j-1})$$

Die Vorgehensweise der Modellierung solcher Probleme mit Hilfe von Bayesianischen Netzen hat jedoch bei mehreren unbekannten Variablen Nachteile. Durch die Modellierung und die Beschreibung des Problems mit Hilfe der gerichteten Graphen der Bayesianischen Netze, werden für die einzelnen bedingten Wahrscheinlichkeiten als deren Bestimmungsvoraussetzung, die gegebenen Variablen bereits auf lediglich die Eltern der jeweiligen Variablen reduziert. Dadurch kommt es zu Problemen, falls bei der Bestimmung von mehreren Variablen mit Hilfe des Gibbs-Samplings eine bedingte Wahrscheinlichkeit bestimmt werden muß, die zur Beschreibung des Bayesianischen Netzes nicht erforderlich war. Insbesondere kommt es dabei zu Problemen, falls sich die Abhängigkeiten der bedingten Wahrscheinlichkeiten in Bezug auf die vorhandenen Variablen, welche als gegeben angenommen werden, umkehren, da beim Umkehren

einer Abhängigkeit bei der eine Variable, gegeben Werte der sie beeinflussenden Variablen, normalverteilt ist, die inverse Verteilung sehr kompliziert sein kann.

5 Der Erfindung liegt also die Aufgabe zugrunde, ein weiteres Verfahren zur neuronalen Modellierung der Abhängigkeiten von Einflußgrößen eines technischen Systems anzugeben, welches die Nachteile der Modellierung mit Bayesianischen Netzen nicht aufweist.

10

Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst.

15

Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

20

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet insbesondere den Vorteil, daß zur Beschreibung des Problems und zur neuronalen Modellierung der bedingten Wahrscheinlichkeiten genau jene bedingte Wahrscheinlichkeiten verwendet werden, welche später auch bei der Suche von mehreren Einflußgrößen mit Hilfe des Gibbs-Samplings verwendet werden können. Hierdurch erspart man sich komplizierte mathematische Umformungen.

25

Besonders vorteilhaft werden beim Training der neuronalen Modelle nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, als gegebene Variablen lediglich die Variablen des Markov Blankets in [1] erklärt, der jeweiligen bedingten Wahrscheinlichkeitsdichte vorgegeben, da damit Redundanzen zuverlässig vermieden werden können und eine schnellere Berechenbarkeit der Ausgangsgrößen gegeben ist.

30

Vorteilhaft können beim erfindungsgemäßen Verfahren, wie auch bei anderen neuronalen Modellierungsverfahren die Abhängig-  
35 keiten der Eingangsgrößen durch Rückwärtsverfolgung der Neuronengewichte im neuronalen Netz bestimmt werden.

Vorteilhaft können mehrere unbekannte Einflußgrößen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren anhand der bekannten Einflußgrößen mit Hilfe des standardisierten Gibbs-Samplings in [2] erklärt, geschätzt werden.

5

Vorteilhaft kann beim erfindungsgemäßen Verfahren lediglich ein neuronales Netz eingesetzt werden, um alle bedingten Wahrscheinlichkeiten zu modellieren, falls es sich um eine nicht zeitkritische Anwendung handelt und Rechenaufwand eingespart werden soll.

10

Besonders vorteilhaft kann jedes einzelne neuronale Modell mit einem neuronalen Netz auf einem separaten Prozessor modelliert werden, um möglichst schnell und möglichst viele Ergebnisse in kurzer Zeit erhalten zu können.

15

Besonders vorteilhaft kann die Einflußgröße eines technischen Systems, welche beispielsweise eingestellt, bestimmt oder geregelt werden sollen, nach dem erfindungsgemäßen Verfahren modelliert werden, anstatt aufwendig am technischen System selbst gemessen zu werden.

20

Vorteilhaft eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren zur neuronalen Modellierung sowohl für diskrete Variable als Eingangsgroßen, als auch für kontinuierliche Variablen.

25

Im folgenden wird die Erfindung beispielhaft anhand einer Figur weiter erläutert. Die Figur zeigt als Beispiel ein technisches System TP, welches beispielsweise eine chemische Reaktion von Komponenten A, B, C und D symbolisiert. Beispielsweise wird die Komponente A ständig zugegeben, so daß sie mit einer Konzentration  $K_A$  vorhanden ist, und sie zerfällt in Komponenten B und C, welche in Konzentrationen  $K_C$  und  $K_B$  vorliegen. Die Übergänge von A nach C sind mit 10 und von A nach B mit 30 bezeichnet. Beispielsweise kann diese Reaktion zeitabhängig erfolgen. Die Stoffe C und B können dann zu einem Stoff D, der dann dem Prozeß z.B. durch Ausfällen entzo-

30

35

gen wird, reagieren, was über die Pfeile 20 und 40 symbolisiert ist. Falls nun für die einzelnen Konzentrationen KA, KB, KC und KD nur Wahrscheinlichkeitsverteilungen zur Verfügung stehen, so müßte nach dem erfindungsgemäßen Verfahren  
5 zunächst das gesamte technische System beispielsweise in einem chemischen Reaktor eine gewisse Zeit lang beobachtet werden, um Meßwerte für die einzelnen Konzentrationen zu sammeln. Gewünscht wäre für diesen Fall die gemeinsame Wahrscheinlichkeitsdichte  $p(A, B, C, D)$ . Nach dem erfindungsgemäßen  
10 Verfahren wird die Komplexität dieses Problems dadurch reduziert, daß für die einzelnen Stoffe bedingte Wahrscheinlichkeiten als neuronale Modelle modelliert werden. Diese Modelle können anhand von Daten trainiert werden, welche dem realen System entnommen wurden. Hierzu wären also beispielsweise  
15 bei dem vorliegenden Problem die bedingten Wahrscheinlichkeitsdichten  $p(A|B, C, D)$ ,  $p(B|A, C, D)$ ,  $p(C|A, B, D)$  und  $p(D|A, B, C)$  zu modellieren. Da nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Modellierung der bedingten Wahrscheinlichkeiten als gegebenen Variablen lediglich die Markov Blankets  
20 berücksichtigt werden müssen, vereinfachen sich die bedingten Wahrscheinlichkeitsdichten für  $p(A)$  zu  $p(A|B, C)$  und  $p(D)$  zu  $p(D|B, C)$ .

Falls nun beim gegebenen Problem die Werte von C und D nicht  
25 verfügbar wären, so würde ein Gibbs-Sampling mit Hilfe der modellierten bedingten Wahrscheinlichkeitsdichten für sämtliche Stoffe durchgeführt, um iterativ über die Modelle zu diesen Werten zu gelangen. Es ist hierbei zu beachten, daß es sich bei diesem Problem lediglich um ein Beispiel handelt.  
30 Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich beispielsweise auch sehr gut bei Diagnoseverfahren einsetzen, bei denen beispielsweise in technischen Prozessen bestimmte Größen verfügbar sind und andere Größen vorhergesagt werden sollen, um ein korrektes Verhalten des Systems beurteilen zu können. Gegenüber  
35 der Modellierung mit Hilfe von Bayesianischen Netzen hat das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, daß der einfachste Anwendungsfall, die Vorhersage einer Variable aus allen

anderen, wesentlich vereinfacht wird. Außerdem läßt die direkte Modellierung ein genaueres Vorhersagemodell erwarten, als wenn das Vorhersagemodell aus mehreren anderen Modellen abgeleitet würde. Weiterhin bietet das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, daß das Lernen der Vorwärtsmodelle in gleicher Weise möglich ist, wie das Lernen der einzelnen Modelle eines Bayesianischen Netzes. Das Strukturlernen ist jedoch wesentlich einfacher, da die Reihenfolge der Variablen, d. h. die Richtung der Pfeile im Bayesianischen Netz nicht gelernt werden muß.

Als weitere Beispiele für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens können ein Herstellungsprozeß, bei dem für jede produzierte Einheit bestimmte Variablen vorliegen und eine Diagnosenstellung, anhand von Befunden aus Untersuchungen dienen. Beim technischen Prozeß liegt beispielsweise als Einflußgröße des technischen Prozesses die zugegebenen Menge verschiedener Chemikalien, die Temperatur, die Rührintensität, und die Festigkeit des Endproduktes, sowie die Konzentration bestimmter Nebenprodukte vor. Einige dieser Werte, wie z. B. die Konzentrationen bestimmter Nebenprodukte sind teuer zu messen und deshalb werden sie nur selten gemessen, falls beispielsweise der Verdacht besteht, daß der Prozeß nicht mehr ordnungsgemäß abläuft. In diesem Fall könnte das Ziel beim Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens sein, die fehlenden Variablen aus meßbaren Variablen vorherzusagen, um einem Operateur, oder einem automatischen Verfahren eine bessere Entscheidungsgrundlage zur Regelung des Prozesses zu geben. Ein weiteres Ziel könnte es sein automatisch Vorschläge zu erhalten, ob und welche Größen zu messen sind. Weiterhin könnte es ein Ziel sein Anomalien des Prozesses zu erkennen, um ggf. einen Alarm auszulösen.

Für das Beispiel der Diagnose an einem Kfz, liegen z. B. für unterschiedliche Kfz Diagnosebefunde aus einzelnen Untersuchungen an Schlüsselkomponenten des Fahrzeuges vor. Beispielsweise sind bei dem Kfz nur ein Teil der in Frage kom-



menden Untersuchungen durchgeführt worden, um Arbeitszeit einzusparen. Die bestehende Aufgabe für den Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens könnte in diesem Fall sein, die Wahrscheinlichkeiten für das Vorlegen bestimmter Defekte zu bestimmen, bzw. Wahrscheinlichkeitsaussagen über zu erwartende Befunde bei weiteren diagnostischen Untersuchungen zu machen. Ein weiteres Ziel könnte es dabei sein weitere sinnvolle Diagnoseschritte vorzuschlagen. Diese Vorgehensweise läßt sich auf jegliche Art von technischen Daten anwenden, die aus diagnostischen Befunden gewonnen werden.

15 Literatur:

- [1] Judea Pearl: „Probabilistic Reasoning In Intelligent Systems“, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Francisco, California, S. 96 - 97 (1988);
- [2] Finn V. Jensen: „An Introduction to Bayesian Networks“, Springer-Verlag New York, Inc., S. 1 - 29 (1996);

## Patentansprüche

1. Verfahren zur neuronalen Modellierung der Abhängigkeiten von Einflußgrößen eines technischen Systems mit folgenden

5 Merkmalen:

- a) es werden alle zu modellierenden Einflußgrößen festgelegt;
- b) es werden für alle Einflußgrößen neuronale Modelle derart trainiert, daß je Einflußgröße die bedingte Wahrscheinlichkeit dieser Einflußgröße in Abhängigkeit höchstens aller anderen verbleibenden zu modellierenden Einflußgrößen als neuronales Modell zur Verfügung steht, wobei zum Training der neuronalen Modelle auf Basis des technischen Systems gemessene und/oder geschätzte Werte von Einflußgrößen verwendet werden;
- 10 c) eine zu bestimmende unbekannte Einflußgröße wird unter Verwendung mindestens einem der neuronalen Modelle anhand der anderen Einflußgrößen bestimmt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

20 bei dem von mindestens zwei voneinander abhängigen Einflußgrößen deren Abhängigkeit bestimmt wird und ein neuronales Modell von einer bedingten Wahrscheinlichkeit dem diese abhängigen Einflußgrößen zugrunde liegen, mit dem Markov-Blanket dieser Einflußgrößen trainiert wird.

25 3. Verfahren nach Anspruch 2,

bei dem die gegenseitige Abhängigkeit von Einflußgrößen durch Rückwärtsverfolgung der Neuronengewichte an einzelnen Neuronen eines neuronalen Modelles zum Eingang hin, festgelegt wird

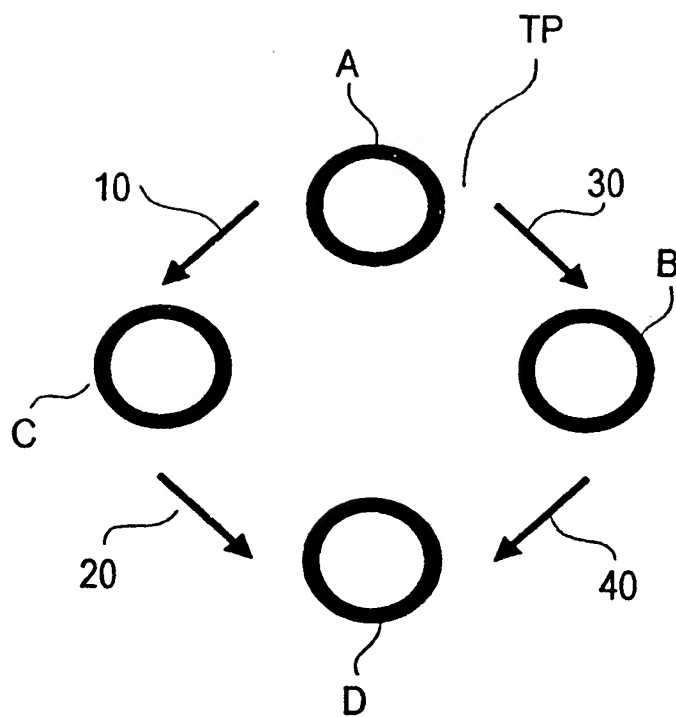
30 4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

bei dem zur Bestimmung von mindestens zwei unbekannten Einflußgrößen Gibbs-Sampling mit Werten durchgeführt wird, die von allen zur Verfügung stehenden neuronalen Modellen geliefert werden.

35

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem lediglich ein neuronales Netz zur Simulation aller bedingten Wahrscheinlichkeitsdichten verwendet wird, indem je zu modellierender bedingter Wahrscheinlichkeitsdichte aktuell für das jeweilige Modell benötigte Neuronengewichte am neuronalen Netz eingestellt werden.  
5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem für jedes neuronale Modell ein neuronales Netz zur Simulation der bedingten Wahrscheinlichkeitsdichten verwendet wird.  
10
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem eine schlecht, oder technisch sehr aufwendig zu messende Einflußgröße beim Betrieb des technischen Systems lediglich modelliert und nicht gemessen wird.  
15
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem eine diskrete Einflußgröße modelliert wird.
- 20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem eine kontinuierliche Einflußgröße modelliert wird.
10. Anordnung zur Bestimmung von Einflußgrößen eines technischen Systems, bei der für die Bestimmung mindestens einer Einflußgröße anstatt eines Meßmittels Mittel vorgesehen sind, die diese Einflußgröße anhand des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche modellieren.  
25

1/1



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

nal Application No

PCT/DE 97/02318

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 G05B17/02

According to International Patent Classification(IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KONIG Y ET AL: "REMAP - EXPERIMENTS WITH SPEECH RECOGNITION" 1996 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING - PROCEEDINGS. (ICASSP), ATLANTA, MAY 7- 10, 1996, vol. VOL. 6, no. CONF. 21, 7 May 1996, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, pages 3350-3353, XP000681762 --- -/--	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☐ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 January 1998

Date of mailing of the international search report

16/02/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kelperis, K

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter Application No  
PCT/DE 97/02318

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
----------	--	-----------------------

A	<p>D.DAVIS ET AL: "SOLVING INVERSE PROBLEMS BY BAYESIAN ITERATIVE INVERSION OF A FORWARD MODEL WITH APPLICATIONS TO PARAMETER MAPPING USING SMMR REMOTE SENSING DATA"</p> <p>IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING ,</p> <p>vol. 33, no. 5, September 1995, USA,</p> <p>pages 1182-1193, XP002052852</p> <p>see the whole document</p> <p>-----</p>	1
---	--	---

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 G05B17/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 G05B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	KONIG Y ET AL: "REMAP - EXPERIMENTS WITH SPEECH RECOGNITION" 1996 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING - PROCEEDINGS. (ICASSP), ATLANTA, MAY 7- 10, 1996, Bd. VOL. 6, Nr. CONF. 21, 7. Mai 1996, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, Seiten 3350-3353, XP000681762 --- -/--	1

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☐ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Januar 1998

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/02/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kelperis, K

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>D.DAVIS ET AL: "SOLVING INVERSE PROBLEMS BY BAYESIAN ITERATIVE INVERSION OF A FORWARD MODEL WITH APPLICATIONS TO PARAMETER MAPPING USING SMMR REMOTE SENSING DATA" IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING , Bd. 33, Nr. 5, September 1995, USA, Seiten 1182-1193, XP002052852 siehe das ganze Dokument -----</p>	1